



¿Cómo se aprenden los conceptos científicos en clases de ciencias?

El desarrollo de perfiles conceptuales como alternativa al modelo de cambio conceptual

Entrevista con el Dr. Eduardo Fleury Mortimer
Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil.

Entrevista de Lic. M. Soledad Roqué Ferrero

El Dr. Eduardo F. Mortimer es catedrático e investigador con amplia trayectoria en la Facultad de Educación de la Universidad Federal de Minas Gerais, Brasil. En esta Alta Casa de Estudios se ha graduado inicialmente como bachiller y licenciado en Química y luego como Magíster en Educación. Actualmente se desempeña como profesor de tiempo completo frente a la cátedra de Práctica de la Enseñanza de la Química desarrollando, también, actividades de investigación, extensión y gestión universitaria.

En el transcurso de sus estudios de doctorado y post-doctorado en el campo de la investigación educativa, Eduardo Mortimer se ha abocado a la investigación del proceso de formación de conceptos científicos en la enseñanza secundaria, específicamente en el ámbito de la Química.

Su trabajo recupera la noción de *dialogía* de *Bajtink* y de *mediación del lenguaje* en los procesos de pensamiento planteada por *Vygostky*. Desde este punto se vista, revaloriza el papel de los mediadores en el proceso educativo: el profesor, el lenguaje, la estructura de actividades, entre otros. Éstos son considerados factores fundamentales para la construcción del conocimiento por parte de los alumnos en las clases de ciencias.

Desde otro punto de vista, este nuevo modelo actúa críticamente frente a la teoría del *cambio conceptual* (Posner et al., 1982) al sugerir que la construcción de nuevos conceptos no supone el abandono de concepciones previas, si se toma conciencia del contexto en que éstas se aplican. El modelo del cambio conceptual implica, según la crítica de Mortimer, que el profesor tiene que "lidiar" con los conceptos de los estudiantes para transformarlos en conceptos científicos. Mientras él propone un desplaza-

miento hacia una concepción que plantea la *evolución de perfiles conceptuales*. Esta noción actualiza la idea de *perfil epistemológico* acuñada por Gastón Bachelard como las "diferentes formas de ver y representar la realidad desde un punto de vista".

Este abordaje se realiza a partir del análisis de tres onto-definiciones básicas de las Ciencias Químicas: *materia*, *vida* y *energía*, bajo la hipótesis de que éstas describen varias zonas de perfiles conceptuales ya que "no hay un único concepto de energía, no hay un único concepto de materia, no hay un único concepto de vida."

En oportunidad del Congreso Nacional de Educación en Ciencias Naturales "Las Ciencias Naturales como espacio de la Cultura al servicio de la Sociedad", realizado en la Universidad Nacional de Córdoba, Ciudad de Córdoba, Eduardo F. Mortimer dialogó con *Revista de Educación en Biología (REB)* sobre su experiencia de investigación y la relación que ésta plantea con el proceso de "formación de formadores".

REB. ¿Cómo se desarrolló su tema de investigación?

Actualmente estoy investigando sobre los perfiles conceptuales como alternativa a la teoría del cambio conceptual. Esta problemática la he desarrollado especialmente en mi tesis de doctorado bajo la idea de que, al igual que en la vida cotidiana, en ciencias existen conceptos diferentes aplicados a contextos diferentes. Por ejemplo, si voy a una tienda a comprar un abrigo y digo: "*deme un abrigo hecho con material antitérmico que permita que mi cuerpo transmite calor al ambiente*", seguramente el vendedor no va a entender del mismo modo que si le pido: "*deme un abrigo bien caliente*". En realidad, el abrigo esta hecho de material antitérmico pero, que yo lo sepa, no implica que

utilice esa forma de expresar el concepto para comunicarme en la calle.

Esta conciencia del uso de alternativas, tiene una fuerte raíz en la cultura cotidiana en consonancia con la idea de que no hay una única forma de pensar. Lo mismo ocurre con las ciencias, en donde también se produce lo que se llama "un encuentro de culturas". Sin embargo esto no significa que la ciencia sea superior al conocimiento de la vida cotidiana, sino que existe una tentativa de comprensión mutua. El desarrollo de los conceptos científicos y no científicos son procesos que influyen uno en otro continuamente. El hecho de que, para ciertos abordajes, la comprensión científica sea opuesta a la vida cotidiana, no significa que se tenga que abandonar alguna de ellas por ser incompatibles.

La construcción de una nueva idea científica debería explicar estas concepciones, pero no suprimir o disminuir de status a las viejas representaciones de los estudiantes. Por ejemplo, las ideas basadas en el conocimiento cotidiano de que "un sólido es rígido y pesado" y que "los líquidos mojan y contienen agua" son bastante útiles en situaciones cotidianas.

Partiendo de los conceptos de los estados físicos de la materia, trabajamos con la hipótesis de que el proceso de enseñanza debería tratar de delimitar el dominio de las concepciones previas a través de situaciones en las que ellas funcionan, pero sin intentar suprimirlas. Estas ideas pueden convivir en una misma persona, siendo utilizadas en contextos diferentes y no relacionados. No necesitamos de una concepción científica de atomismo para lidiar con materiales sólidos, líquidos y gaseosos en lo cotidiano. No obstante la humanidad necesita un concepto o una noción científica de átomo para producir ciencia y tecnología.

No hay una única forma de pensar, éstas siempre dependen del contexto. Las aparentes contradicciones deben hablarnos de que no son contradicciones, sino diferentes formas de mirar al mundo desde puntos de vista disímiles: "estoy en un contexto diferente al científico y voy a mirar al mundo desde otro punto". Podemos decir que cada uno de los espacios de contextualización implican diferentes formas de ver la realidad.

De alguna manera, aprender, sería entender las múltiples y diferentes visiones del mundo, sabiendo que son distintas e intentando aplicar las más apropiadas a los contextos más adecuados. Esto significaría adquirir diferentes zonas de desarrollo, ampliarlas y llegar a una conciencia de ello.

Consecuentemente en este trabajo sostengo la hipótesis de que el aprendizaje de las Ciencias en la sala de clases puede ser descrito como un cambio de perfil conceptual del estudiante, siendo que el nuevo perfil incluye también (pero no exclusivamente) las nuevas ideas científicas. Pensar el cambio conceptual como evolución en la construcción de un perfil de concepciones nos obliga a rever las relaciones entre los diversos niveles de los conceptos científicos y entre éstos y las ideas de los estudiantes: ¿cuál es la naturaleza de esas ideas?, ¿qué relaciones de continuidad existen entre ellas y el pensamiento científico?, ¿qué obstáculos en la construcción de las ideas científicas encaran las ideas de los estudiantes?. Este abordaje se realiza a partir del análisis de tres onto-definiciones básicas de la ciencia: *materia*, *vida* y *energía*, bajo la idea de que éstas describen varias zonas de perfiles conceptuales. No hay un único concepto de energía, no hay un único concepto de materia, no hay un único concepto de vida.

REB. La noción de perfiles conceptuales parece ser central en la evolución de su tema de investigación. ¿Cómo ha ido construyendo el marco teórico de referencia y qué pensadores han influenciado más en Ud.?

La inspiración primera fue Gastón Bachelard, quien a nivel epistemológico ya había usado esta idea en 1940 en relación al concepto de *perfil epistemológico*. En el plano de la epistemología, este autor demostró que una única doctrina filosófica no es suficiente para describir las diferentes formas de pensar cuando se intenta explicar un simple concepto, aduciendo que existen diferentes facetas del mismo. Algo así me ocurría al intentar desarrollar una teoría del aprendizaje, es decir, explicar cómo se aprenden los conceptos científicos en situaciones naturales de clase. A partir de este punto, ligo con Vygotsky y Bajtink para encontrar una respuesta al interrogante de cómo una persona

construye el significado, de cómo se analiza el discurso.

Sin lugar a dudas, ésta intenta ser, una mirada teórica de corte epistemológico sobre qué es la ciencia y de cómo, en la propia ciencia, también coexisten múltiples formas de pensar. Un concepto científico no es homogéneo. Esto es fácilmente ejemplificable si tomamos el concepto de "materia": ¿qué propiedades de la materia son debidas a las moléculas?. Una visión frente a ello -muy dominante- intenta asociar las propiedades del material a una cosa que estamos viendo. Esta aproximación, de corte esencialista, deviene de Aristóteles y postula que las cosas tienen una esencia que son las moléculas. Sin embargo, hoy sabemos que muchas propiedades importantes no son consecuencia solamente de las moléculas. Actualmente, existe la *Química supramolecular* que no piensa ya solamente en moléculas sino en los agrupamientos mayores que forman las moléculas. Demos un ejemplo: una cosa es ácida porque se comporta como tal frente a otra que se comporta como base. Tomemos el caso del ácido sulfúrico o clorhídrico, ¿cuándo se comporta como una base?: cuando se lo enfrenta a una clase de sustancias artificiales inventadas por los químicos, los superáridos. Frente a ellos, el ácido clorhídrico -que es muy fuerte- se comporta como una base. Entonces el ácido no es algo esencial que la materia contiene, sino lo que se manifiesta en una relación.

Este tipo de propiedades nos lleva a otra concepción de materia. De modo que podemos afirmar que en ciencia también existen dos o más concepciones diferentes ya que la propia ciencia es polisémica. Se puede representar una molécula de varias formas. Cada una de esas representaciones captura un aspecto de la realidad. La realidad es una complementariedad. Siempre se aprehende desde un punto de vista y el aprendizaje es una construcción que se conforma a través de esta diversidad de miradas.

REB- ¿De alguna manera su propuesta se vincula al constructivismo?

Mi propuesta se liga al pragmatismo más que al constructivismo. El concepto clave es el de dialogía "aprender a dialogar" para construir las ideas y los significados.

REB- ¿La idea básica es, entonces, el uso del lenguaje en determinados contextos?

Se trabaja con la concepción de que el lenguaje es constructivo de las ideas. Esto tiene que ver con la ley general del desarrollo estructural, una de las ideas básicas de Vygotsky. Este autor plantea que los procesos psicológicos superiores tienen su origen en procesos sociales. El concepto es imposible sin las palabras, el pensamiento en conceptos es imposible sin el pensamiento basado en el lenguaje. El aspecto nuevo, esencial y central de todo este proceso -que puede ser considerado como fundamento de la maduración de los conceptos- es el uso específico de la palabra, la utilización funcional del signo como medio de formación de conceptos.

Siguiendo a Vygotsky podemos decir que las funciones mentales aparecen en dos planos; primero en la interioridad y luego, a través de la relación con otras personas, se va construyendo lo interpersonal. Esta construcción se realiza desde el plano interno, pero con uso de herramientas que sirven para pensar y que tienen un carácter social. De modo que estamos frente a una acción mediada. Por ejemplo, en el caso de la aplicación de un algoritmo, podemos preguntarnos ¿quién ha hecho la acción?, ¿yo? o ¿yo usando un algoritmo que es una herramienta social?. De alguna manera, quienes realizan la acción nunca son los individuos, sino los individuos utilizando mediaciones. Las acciones que realizamos son en cierta forma *acciones compartidas*. Otro ejemplo muy ilustrativo es el caso de quién aterriza un avión, ¿el piloto?, ¿el piloto y el operador de la torre? o ¿el piloto, el operador de la torre y todo el instrumental?. Por cierto que el peso está distribuido socialmente.

REB- ¿Cuáles son las nociones que Ud. rescata desde la aproximación de Bajtink?

El concepto base es el de *dialogía*. Éste se retoma para dar cuenta de la tensión que existe entre un discurso dialógico y un discurso de autoridad. También es importante el concepto de género del discurso que Bajtink plantea, puesto que el lenguaje científico escolar es una formación discursiva, un registro al que estamos irremediamente ligados por nuestra formación profesional como profesores y pro-

fesoras. De modo que uno de los objetivos de nuestra investigación es conocer cuáles son las características inherentes al discurso científico-escolar, como un género específico.

REB- ¿Cómo retoma Ud. este abordaje en relación al análisis de la construcción de conceptos en las clases de ciencias?

Con esta base epistemológica, me propuse plantear relaciones entre *formas de pensar* y *modos de hablar*. O sea cómo las personas hablan cuando lo hacen desde un punto de vista. La investigación de las clases se orientó hacia una lectura del diálogo que en ella se produce en relación con los perfiles conceptuales. Pero también existe otro aspecto importante: observar cómo el profesor sustenta los procesos de significación de los estudiantes. Entender esto también ayuda en el proceso de formación del profesor.

Desde el primer punto de vista, se retoma la idea de que *los modos de hablar muestran las formas de pensar*. Si se está mirando al mundo desde una visión más cotidiana, se va a hablar de una forma y se va a hacer un uso propio de los elementos del lenguaje.

En la vida cotidiana nos referimos siempre a cosas, personas, animales o sentimientos y utilizamos verbos de acción: "me voy a Brasil mañana", "estoy acá", etc. El lenguaje científico, en cambio, es más estructurado. La gramática es diferente. Los verbos tienen prioritariamente función de relación. Por ejemplo: "el aumento de temperatura *provoca* un aumento de la disolución". *Provoca* no es un verbo de acción, es un verbo de relación. Los nombres de la ciencia designan relaciones o procesos. Damos nombres como *reacción química*, *disolución*, *solución* para referirnos a procesos (y no a cosas) y los ponemos en relación por el uso de verbos. Esa forma de hablar del mundo es completamente diferente a la de la vida cotidiana.

También resulta relevante centrar esta discusión sobre el multiculturalismo en ciencia y su relación con el cambio conceptual. Esta hipótesis se relaciona con el pragmatismo puesto que los contextos determinan qué es lo más apropiado para cada situación, ya que ninguna cosa es mejor en sí. Aunque el discurso científico sea más complejo, más sofisticado y más abs-

tracto, esto no significa que sea inherentemente mejor. Entonces allí entronca la idea del multiculturalismo. Hay multiculturalismo dentro de la propia vida cotidiana porque las personas tenemos la sensación de *que se vive más de una cultura*. El hombre moderno tiene un comportamiento cultural muy diverso: no pertenece a un solo grupo cultural. Por ejemplo: yo soy científico pero no lo soy todo el tiempo, también voy al supermercado y no voy como químico, allí tengo un perfil cultural diferente.

REB- Desde otro punto de vista, Ud. ha mencionado como aspecto relevante, el análisis del papel del profesor como sustento de los procesos de significación de los estudiantes, rescatando que esto contribuye de alguna manera, con el mismo proceso de formación docente. ¿Cómo entronca este abordaje con los objetivos de su investigación?

En la Facultad de Educación de la Universidad de Minas Gerais, tenemos un programa de educación con líneas de investigación en cinco aspectos. Surgen varios interrogantes: ¿cuáles son las intenciones del profesor cuando hace lo que hace?, ¿cómo sus intenciones generan, de alguna forma, patrones de significación para sustentar los discursos de los niños, o para callarlos, dependiendo de las situaciones?. En principio se puede decir que en el proceso dialógico que supone la enseñanza, el profesor va a dar sentido a lo que habla de una forma que es particular y que refleja su historia.

También creemos que esto genera un particular abordaje comunicativo que puede analizarse teniendo en cuenta la manifestación de ciertos aspectos en determinados momentos de la clase.

En algunas situaciones, se logra interactuar con otra persona pero sin dialogar con ella. Muchos profesores hacen preguntas, pero éstas son tan cerradas que al alumno sólo resta dar una respuesta diseñada para ello. Lo cual muestra un aspecto autoritario porque el alumno puede responder, pero tiene que averiguar lo que el profesor quiere que diga. En síntesis, los alumnos no aprenden si en la clase existe este tipo de interacción. Otro ejemplo puede ser el caso en que el alumno responde con su punto de vista y el profesor repite su pregunta. No dice que está mal, pero el alumno sabe que sí lo es-

tá. La segunda vez lo intenta nuevamente y la tercera se calla. En otras situaciones el profesor hace preguntas y genera varias hipótesis representando otros puntos de vista. Aquí la clase es dialógica puesto que es considerado más de un punto de vista.

Según el concepto de dialogía bajtiniano se supone que todo aprendizaje es un diálogo. Una persona entiende lo que estoy diciendo porque, de alguna forma, lo que digo provoca otra palabra. Cuanto mayor es el peso de las palabras, más profundo es el entendimiento. Por ejemplo, cuando el profesor habla del calor, en el sentido del calor de la combustión, el calor de reacción, el de solución, etc. y para el alumno sólo es "el calor caliente", podemos decir que no hay diálogo. Esto genera un mal entendimiento, un entendimiento de tipo responsivo. Pero muchas veces el profesor recién se da cuenta de ello en la evaluación.

Por otro lado, ocurre que mientras el entendimiento es siempre dialógico, la ciencia es un discurso de autoridad. Aquí hay una tensión importante. Pero ¿por qué?, porque no basta que se considere esa parte *dialógica*, sino que el profesor va a tener que intervenir para explicar este discurso autoritario. La ciencia es un discurso de autoridad ya que no interesa que cada alumno entienda de una manera diferente lo que es, por ejemplo, *la Ley de la conservación de la masa*. Más bien, se espera que todos comprendan más o menos lo mismo.

Aquí se presenta una tensión interesante, tenemos un proceso que genera nuevos significados, que es dialógico, pero que, a su vez, tiene que convivir con un discurso autoritario.

De acuerdo a ello, en nuestra investigación especificamos cuatro tipos de discursos que pueden darse en algún momento de la clase: *dialógico interactivo*, más de una persona habla y se habla desde diferentes puntos de vista; *interactivo y autoritario*, más de una persona habla pero se habla sólo desde un punto de vista; *no dialógico y no interactivo*: el profesor habla solo; *no interactivo pero dialógico*, el profesor habla solo pero representa en su habla diferentes puntos vistas: "*Ariel lo entiende de una forma, José de esta otra, etc.*" y así representa otras visiones.

Es importante que cada uno de estos cuatro puntos de vista, de estas formas de comunicar, tengan su lugar en la clase. La cuestión es cómo se relacionan estas formas de comunicar con la intención que se tiene en cada momento de la clase. Por ejemplo, el profesor puede estar recapitulando y, aquí, sería sumamente correcto que haga un discurso interactivo pero de autoridad. La recapitulación tiene un papel muy fuerte puesto que ayuda a mantener la narrativa de la enseñanza ya que la materia cuenta una historia en la que aparecen diferentes personajes (por ejemplo: moléculas, átomos, etc.) y es necesario reconstruir el sentido. Es también una forma de verificar el entendimiento y constatar lo que realmente se ha entendido. En cambio, si el profesor pretende introducir un tema nuevo -si esta generando un nuevo significado- allí no puede sustentar una única visión, puesto se anularía el proceso dialógico.

En el marco de este trabajo el objetivo era comprender cómo el profesor puede sustentar la producción de significados en los alumnos y cómo puede hacer explícito todo el diálogo que ocurre en las clases. Pero, al mismo tiempo, considerando que estas intervenciones dialógicas son relevantes para generar significados. Se observa en consecuencia una doble intención: investigar el trabajo de clase y aportar a la formación de profesorado y a la formación continua.

REB- ¿Podría describir la herramienta metodológica utilizada para el abordaje de esta investigación?

En *Meaning making in secondary science classroom*, un libro que editamos por la Open University junto con P.H. Scott, en Leeds, Inglaterra, desarrollamos -siguiendo la teoría de Vigosky y Bajtink- una herramienta de análisis de las clases que opera desde el punto de vista de la interacción y que es útil para el análisis de las prácticas interactivas y dialógicas. Creemos que este abordaje metodológico abre una nueva perspectiva en investigación en la cual estamos profundizando actualmente.

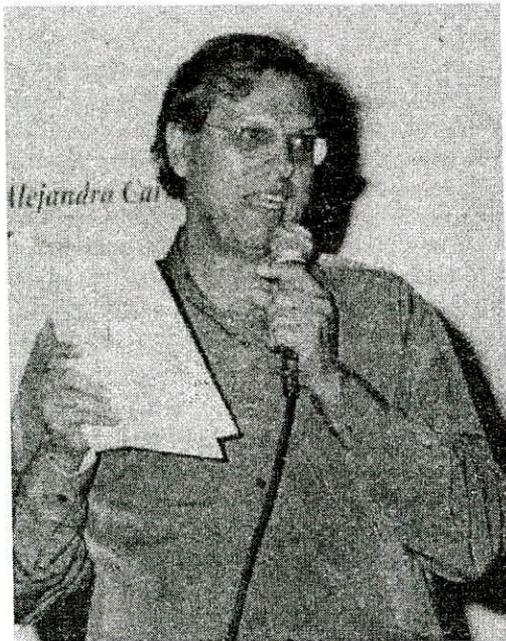
Desde este punto de vista, diferenciamos entre *niveles de análisis* y *unidades de análisis* intentando fijar macro-unidades y micro-unidades en relación con el macro-contexto. Una cosa muy importante que rescatamos de la

teoría de Bajtink es que las formas cómo las personas se comunican están muy determinados por la situación social, ya que "toda enunciación es contextual". Las formas de comunicar en la clase, las maneras de pensar, tienen que ver con esta macro-estructura social, con el macro-contexto: un aula, una clase. En consecuencia es preciso considerar la influencia de múltiples factores, como por ejemplo: ¿cuánto dura una clase?, ¿60 minutos en Brasil, 80 en Argentina?. La forma de estructurarla y de dividir el tiempo es una construcción social. Hacer una actividad o un práctico también son formas de dividir el tiempo. Implican una toma de decisión, una forma de categorizar, y llevan la carga del contexto socio-cultural.

Actualmente dicto un curso en la Universidad de Minas Gerais orientado a la formación de

profesores en Química en el cual aplicamos esta metodología. Utilizamos el video y luego analizamos las clases a partir de la proyección del discurso. De modo que esta herramienta permite no sólo analizar las clases, sino conversar con los profesores sobre lo que pasa, o sobre lo que se pretende hacer: posibilita también la planificación.

De todas maneras, lo interesante de este abordaje metodológico es que nos posibilita analizar las clases de enseñanza media a un nivel que *hace sentido* o *significado* para los profesores. De allí el nombre del libro *Meaning making in secondary science classroom "haciendo sentido"* a partir de las clases. Creemos que la toma de conciencia sobre esto permitirá a los profesores reconocer la predominancia de una zona de perfilación u otra.



Eduardo Fleury Mortimer es profesor de tiempo integral de la Universidad de Minas Gerais (UFMG), Brasil, donde tiene trayectoria en investigación, extensión y gestión universitaria.

En 1980 se graduó como Profesor y Licenciado en Química por la UFMG, y en 1988, como Magister en Educación, con tesis en Educación en Ciencias. En 1994, obtuvo el Doctorado en Educación por la Universidad de Sao Pablo (USP) con la tesis: *Evolução do atomismo em sala de aula: mudança de perfis conceituais*, ampliada y publicada en 2000.

Entre 1992 y 1993 trabajó con Rosalind Driver, en la Universidad de Leeds, Inglaterra sobre la construcción de conceptos científicos en la sala de clases (*Constructing Scientific Knowledge in the Classroom*.) Entre 1998 y 1999, realizó un post-doctorado en la Washington University, St. Louis, EEUU, donde trabajó con el profesor James Wertsch, profundizando sus estudios de Vigotsky y Bajtink.

Eduardo Mortimer es actualmente coordinador del Programa de post graduación en educación de la UFMG, editor coordinador de las Revistas *Química Nova na Escola* y *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, Investigador IIA del CNPq, Assessor da Capes e Fapesp y *Contributing International Editor for Latin America and Caribe of "Science Educations"*.

También es autor y coautor de variados libros, artículos y ponencias. Así como director de tesis de grado, maestría y doctorado.

Entre otros aspectos de su formación profesional, se destaca su desempeño en la industria como químico y su desenvolvimiento durante cinco años como profesor en la enseñanza media en Belo Horizonte, Brasil.